

Artículo/Article
Sección C/Section C
Vol. 15, nro. 2
e2985

Barreras para introducir madera maciza en la construcción en Ecuador – estudio exploratorio

Patricio José Zaldumbide[1]*, Emir Israel Fuentes[1], Miguel Andrés Guerra[1]

[1] Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías, Departamento de Ingeniería Civil, Casilla Postal 17-1200-841, Quito 170901, Ecuador.

*Autor para correspondencia/Corresponding author: pjzaldumbide@gmail.com

Barriers to introduce mass timber in construction in Ecuador - exploratory study

Abstract

In recent years, there has been a great interest in the use of mass timber in the construction industry. Thanks to configurations such as laminated timber (GLT and CLT), it has been possible to build high-rise buildings with its entire structure (beams, columns, slabs, and walls) made of wood. As technology improves, the gap between the use of reinforced concrete, steel, and wood will be reduced, and within a few years, wooden buildings may be as common as their concrete and steel counterparts. In Ecuador, the use of wood in construction is quite limited, with its most common use being with guadua cane *guadua angustifolia* and hardwoods for two-story houses. Mass timber could change this perception and be introduced as an alternative to concrete and steel. As its implementation is relatively new in the world, there is an opportunity to develop and exploit the potential of a new industry in the country. However, despite the potential of this material, its introduction may not have the expected impact, and this can occur due to a wide range of factors. This study developed a questionnaire using existing literature on mass timber in relation to: raw material production, manufacturing process, construction process, maintenance, cultural context, and environmental impact. With this questioner, 10 interviews were conducted with professionals related to the construction industry. The responses were transcribed, analyzed, and coded to identify the perceived barriers for the introduction of this construction system in Ecuador. In the end, the article proposes ways to deepen academic research as well as the professional use of this material.

Keywords: Sustainable construction, CLT (Cross Laminated Timber), GLT (Glued Laminated Timber)

Resumen

La madera maciza en los últimos años ha generado gran interés en la industria de la construcción, ya que, gracias a sus configuraciones como madera laminada (GLT y CLT), se ha podido construir edificios de gran altura con su estructura (vigas, columnas, losas y paredes) completamente hecha de madera. A medida que mejora la tecnología, la brecha entre el uso de hormigón armado, acero y madera es menor, por lo que es posible que dentro de unos años los edificios de madera sean tan comunes como sus análogos de hormigón y acero. En el Ecuador, la construcción en madera es bastante limitada. Su uso más común es con la caña *guadua angustifolia* y maderas duras para casas de hasta





Editado por / Edited by: Eva O. L. Lantsoght

Recibido / Received: 17/05/2023

Aceptado / Accepted: 26/09/2023

Publicado en línea / Published online: 01/12/2023

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985





dos pisos. La madera maciza puede cambiar esta percepción e introducirse como una alternativa al hormigón y el acero. Al ser relativamente actual su implementación en el mundo, hay la oportunidad para desarrollar y explotar el potencial de una nueva industria en el país. Sin embargo, a pesar del potencial que tiene este material, es posible que su introducción no genere el impacto esperado y esto puede ocurrir por una amplia gama de factores. Este estudio desarrolló un cuestionario usando literatura existente sobre la madera maciza en relación a: la producción de materia prima, el proceso de manufactura, el proceso de construcción, el mantenimiento, el contexto cultural y el impacto ambiental. Con esto se llevaron a cabo 10 entrevistas a profesionales relacionados a la industria de la construcción. Las respuestas se transcribieron, analizaron y codificaron para identificar cuáles son las barreras percibidas de acuerdo con la introducción de este sistema constructivo en el Ecuador. Al final, el artículo propone caminos para profundizar la investigación académica así como el uso profesional de este material.

Palabras clave: Construcción sostenible, CLT (Madera contra laminada), GLT (Madera laminada)

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo XIX hasta la actualidad, la industria de la construcción se ha sustentado en el uso de hormigón armado y acero. Esta industria es una de las más grandes del planeta y ha sido fundamental para el desarrollo de la humanidad. Sin embargo, estos materiales tienen un gran impacto ambiental [1]. Por eso, se buscan alternativas sostenibles que ayuden a disminuir este impacto. Solo esta industria es responsable de alrededor del 40% de las emisiones globales de CO_2. El hormigón, que es el segundo material más utilizado en la construcción después del agua, contribuye con alrededor del 8% de las emisiones totales de CO_2 [2]. Además, la producción del acero requiere un gran consumo energético y su extracción causa un daño irreparable en el ecosistema donde se encuentre.

El calentamiento global es un tema cada vez más relevante en el mundo y, por eso, la ONU propuso, en 2015, 17 objetivos para un desarrollo sostenible dentro de los cuales la industria de la construcción tiene especial atención debido a su alto impacto ambiental [3]. Una de las alternativas a esta problemática de sostenibilidad, es el desarrollo de materiales menos invasivos al ambiente, tomando en cuenta todo el proceso desde su extracción hasta el fin de su vida útil. "La sostenibilidad es un enfoque basado en el futuro que involucra una comprensión integral y equilibrada de los aspectos ambientales, económicos y sociales de la toma de decisiones" [4]. Uno de esos materiales es la madera que, gracias a nuevas tecnologías, como el GLT (madera laminada), el CLT (madera contra laminada) y sus variantes, se han podido desarrollar elementos estructurales más versátiles con los que se puede construir obras civiles y arquitectónicas de gran envergadura que antes solo eran posibles usando acero y hormigón [5]. La construcción con madera puede beneficiar, principalmente, aspectos relacionados con los objetivos: nueve (adaptar la construcción para que sea más sostenible y promover la innovación forestal), once (desarrollar ciudades y comunidades sostenibles), doce (uso eficiente de recursos y energía para una infraestructura sostenible), y, especialmente, el trece

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985





asociado a la lucha contra el cambio climático en América Latina y el Caribe [3], [6].

Estos materiales son relativamente nuevos y su uso está limitado a pocos países que han invertido recursos para su implementación. En países en vías de desarrollo, como el Ecuador, se ignora que existen estas nuevas tecnologías y los posibles efectos que pueda tener su explotación porque "los sistemas de infraestructura civil que no logran alcanzar los objetivos previstos agotan los recursos financieros y erosionan la disposición del público para invertir en mejoras futuras y nuevos sistemas"[7]. Se tiene que tomar en cuenta que, en el 2009, en Londres se construyó la torre Stadthaus y fue uno de los primeros edificios de gran altura de este tipo superando los 29 metros [8]. En cambio, actualmente en Ecuador esta tecnología aún no se ha podido establecer oficialmente.

Por eso, en este artículo, se realizó una investigación mediante entrevistas a expertos del área de la construcción y producción de madera en Ecuador, para conocer la situación actual del material en el país. Así, se pudo desvelar las limitantes que hay en la producción, ensamblaje y mantenimiento de este método constructivo para establecer las bases necesarias con las que se pueda combatir dichas limitantes. De esta forma, se disminuirá la brecha en comparación a los países en los que este material ya está implementado.

ANTECEDENTES

Si bien la madera no es un material nuevo en la construcción, de hecho, es uno de los materiales más antiguos con los que el humano ha trabajado, en el último siglo su uso ha perdido relevancia frente al acero y el hormigón [9]. Sin embargo, el calentamiento global es un tema relevante en la política mundial actual, por lo que, en 2015, la ONU propuso 17 objetivos para un desarrollo sostenible que ayuden a disminuir nuestro impacto ambiental. Se tiene que tomar en cuenta que, según estimaciones, para 2050, siete de cada diez personas vivirán en zonas urbanas [6]. Por lo mismo, la demanda por edificio de gran altura para viviendas aumentará drásticamente [10]. Los edificios de madera son altamente sostenibles y tienen un gran potencial arquitectónico. Dichas características fueron las que causaron el renacimiento de este material en la construcción moderna [11], [12]. Por estos motivos, el Dr. Michael Ramage cree que este material es el futuro de la construcción al punto en el que afirma que los rascacielos de madera serán tan comunes como los de acero y hormigón en la siguiente década [2]. Sin embargo, estos sistemas prácticamente no han sufrido exposición a sismos severos, excepto aquellos simulados en condiciones de laboratorio que muestran resultados prometedores. Por ejemplo, la Universidad de California en San Diego sometió un edificio de diez pisos a los sismos históricos de Northridge y Chi Chi. Según el Dr. Shiling Pei "el edificio permaneció libre de daños a nivel de diseño después de los dos sismos consecutivos" [13], [14].

Para alcanzar los objetivos fijados por el Acuerdo de París, la construcción de edificios debe ser neutra o negativa en carbono antes del año 2030 [15]. Desde la extracción de la materia prima hasta la demolición del edificio al final de su vida útil, la madera tiene una huella ambiental menor que la del acero o el concreto en cuanto al uso de energía, emisiones de efecto invernadero, emisiones al agua y producción de desechos

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985




sólidos [16]. Hay que tomar en cuenta que los indicadores más significativos en cuanto al impacto ambiental son la huella de carbono y la energía empleada que requiere cada sistema estructural [17]. Según Ravenscroft, "los componentes de los edificios de madera consumen solo el 50% de la energía necesaria para producirlos en hormigón y apenas un 1% para producirlos en acero" [18]. Además, se tiene que considerar que los árboles actúan como esponjas que absorben CO_2 de la atmósfera. "Un bosque joven y en crecimiento produce 1 tonelada de oxígeno y absorbe 1,4 toneladas de CO_2 por cada tonelada de madera que es almacenada" [16]. Por lo tanto, la producción de estos elementos no solo es carbono neutro, sino que puede llegar a ser carbono negativo que es imposible de lograr con hormigón y acero.

La estructura de estos edificios es factible gracias a dos principales innovaciones que revolucionaron la construcción en madera. La primera, es el GLT que fue inventado por el carpintero alemán Otto Karl Freidrich Hetzer en 1910. El GLT consta de paneles de tablas de madera que son adheridas una sobre otra en la misma dirección del panel anterior [19]. Gracias a esta configuración, se logró elaborar vigas y columnas de madera de mayor resistencia y longitud que las que se podía hacer usando componentes de manera individual. El otro componente clave es el CLT, creado por el ingeniero austriaco Gerhard Schickhofer en 1994. En esta configuración, la madera estructural se compone de paneles adheridos por capas en dirección perpendicular al panel anterior [20]. Gracias al CLT, se logró fabricar losas y muros estructurales muy livianos en comparación con su contraparte de hormigón armado. Por lo tanto, usando vigas y columnas de GLT, junto con losas y muros de CLT, se obtuvieron todos los elementos estructurales necesarios para construir edificios completamente de madera con excepción de los cimientos [21].

Por lo general, los árboles que se usan para madera laminada son de bajo valor comercial y se seleccionan en base a características que facilitan su procesamiento como por ejemplo que el tiempo de crecimiento sea corto, la geometría del tronco sea regular, la madera sea maleable y fácil de tratar, la plantación sea resistente a plagas, etc. [22]. Los árboles que más se adaptan a estas características son de tipo coníferas. Estas especies crecen bastante rápido en comparación a otros tipos de árboles (20 años de crecimiento aproximadamente), son resistentes a varios tipos de ambientes, su tronco es recto, uniforme y fácil de tratar y trabajar [23]. En el Ecuador, el árbol de tipo conífero más plantado es el pino *pinus radiata* y *pinus pátula*. Ambas especies se han usado en otros países para la producción tanto de GLT como de CLT [24].

Las plantaciones de pino en el Ecuador preferiblemente deben estar a una altura entre 1400 y 3500 msnm. Sobre esta altura, se disminuye el rendimiento de la plantación ya que los árboles tendrán un crecimiento más lento. El tipo de suelo óptimo es franco arenoso, bien drenado con pH neutro a ligeramente ácido, en una temperatura promedio entre 11°C y 18°C y precipitaciones entre 700 a 2000 mm. Estos árboles alcanzan alturas que oscilan entre los 20 y 30 metros y, en cuanto a sus diámetros, pueden alcanzar hasta 1 metro. Su tala final se realiza entre los 15 y 20 años [24]. Otro árbol que se adapta bien a las condiciones climáticas en el Ecuador y ha sido usado para madera laminada es el eucalipto *eucalyptus grandis* y *eucalyptus globulus,* pero dado que su impregnación con químicos inmunizadores no es fácil, es preferible limitar su uso a lugares cubiertos de los elementos y las plagas [5], [25].

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985



Una vez obtenida la materia prima, esta es aserrada en tablas y secada hasta tener un 12% de contenido de humedad. Luego, es clasificada según sus características visuales definidas por la normativa que use el país [26], [27]. Una ventaja de la madera laminada es que los defectos relacionados con el crecimiento se eliminan parcialmente por el efecto de homogenización. Por eso, se pueden colocar tableros de diferentes grados dentro de la profundidad de la sección transversal [12], [28]. Después se usa un optimizador para estandarizar y corregir imperfecciones en el tamaño de las tablas. Como la madera maciza se compone de varias capas de tablas, estas deben ser de dimensiones exactas en cuanto a su ancho y espesor para evitar juego o puntos débiles entre tablas. Posteriormente, se ensamblan los paneles y se coloca el adhesivo sobre cada uno para luego ser prensados y que el adhesivo se adhiera uniformemente en todo el elemento [5]. Los adhesivos más comunes son: poliuretanos (PUR), fenol-resorcinol-formaldehido (PRF) y melamina-formaldehído (MF). Los PUR son más fáciles de trabajar y tienen un impacto ambiental bajo, pero se descomponen a temperaturas inferiores a las de carbonización de la madera. En cambio, tanto los PRF como los MF no se separan aun cuando la capa está totalmente carbonizada, sin embargo, producen emisiones perjudiciales y no son fácilmente removibles o reciclables [29], [30]. Al finalizar el prensado se procede a impregnar la madera con inmunizantes como el anhídrido maleico para reducir la sensibilidad a la humedad de la madera [15]. Por último, para el envío se coloca una capa protectora sobre el elemento con protección a humedad y rayos UV. Se tiene que considerar que el nivel de protección va a depender del uso y exposición a la que va a ser sometido el elemento. Por eso, se recomienda hacer uso de prácticas que aíslen los elementos de la humedad como: el uso de aleros, superficies que absorban el agua, mecanismos para evitar la acumulación de agua en casos extremos de humedad y la separación de los elementos estructurales de madera del suelo. Todos estos factores pueden aumentar significativamente la vida útil de la estructura [21], [31], [25].

En cuanto al proceso constructivo, se debe tener en cuenta que la construcción es elemental y solo requiere de habilidades de carpintería in situ de tecnología básica [23]. Esto en parte se debe a la ligereza de este material que facilita su manipulación en obra. La madera laminada tiene una densidad que se encuentra aproximadamente entre los 400 y 500 kg/m^3, mientras que, la densidad del hormigón es superior a los 2000 kg/m^3. Tomando en cuenta esta consideración, la densidad de la madera es entre 4 y 5 veces menor que la del hormigón. Esto coincide con la afirmación de que el "edificio construido en Londres, Dalston Lane, pesa la quinta parte de lo que pesan edificios similares hechos con hormigón" [32]. Por lo tanto, también se reduce sustancialmente la cantidad de hormigón que requieren los cimientos en este tipo de estructuras. Según Michael Ramage, en teoría, si se demuele un edificio de 10 pisos hecho con hormigón, en su lugar, se puede construir uno de 40 pisos hecho con madera usando la cimentación existente [2]. Estos edificios se benefician de las propiedades anisotropías de las maderas blandas en la dirección paralela a la fibra que exhiben una resistencia a la compresión y una rigidez específica (que es la relación entre módulo de elasticidad y la gravedad específica del material) comparables a las del acero, y significativamente más altas que las del hormigón. Sin embargo, estos valores son mucho menores si el análisis se realiza en dirección perpendicular a la fibra [9]. "Las vigas laminadas (GLT) funcionan bien en aplicaciones de pilares porque se mantienen rectas y fieles en la sección transversal" [33]. En cambio, la madera contra laminada (CLT), es ideal para elementos como losas, techos y muros tanto estructurales como no estructurales [34].

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985



Los tableros contra laminados (CLT) son probablemente el producto estructural de madera con mayor proyección de desarrollo futuro en Europa por sus ventajas constructivas y ambientales [21]. Esto se debe a que la madera es conocida por su fácil mantenimiento, durabilidad, bajo coste, control de calidad en el proceso de producción y buen comportamiento medioambiental [35]. Países en vías de desarrollo como el Ecuador, se podrían beneficiar del potencial que tiene la construcción en madera para entrar en nuevos mercados relacionados a esta tecnología [5], [36].

METODOLOGÍA

Para este estudio se utilizó una aproximación de investigación exploratoria cualitativa, en el que se ejecutaron entrevistas semiestructuradas con individuos de acuerdo al grupo de interés formulado por el diseño. El instrumento utilizado para la obtención de datos se compuso de entrevistas con base en un cuestionario fijo con protocolos explícitos [37]. Las entrevistas se dividieron en 2 partes. La primera se compuso de preguntas semiestructuradas en relación con los siguientes 6 segmentos o puntos clave relacionados a este material: la producción de materia prima, el proceso de manufactura, el proceso de construcción, el mantenimiento, el contexto cultural y el impacto ambiental. La segunda parte fue abierta para conocer la opinión de los entrevistados y además poder identificar datos adicionales no considerados o que no encajaban en las preguntas de la primera parte.

Se realizaron 10 entrevistas a expertos con varios años de experiencia en la industria de la construcción en el Ecuador. Para la selección de los entrevistados se siguió el protocolo propuesto por Petruch y Walcher (2021). El estudio es cualitativo porque el tema necesita ser explorado. Las variables no pueden ser claramente identificadas ya que no hay teorías disponibles que expliquen el comportamiento de los participantes o de su población de estudio, por lo tanto, tales teorías necesitan ser desarrolladas [38]. Las preguntas están enfocadas para extraer datos relacionados a los 6 puntos mencionados anteriormente. Las entrevistas son de tipo semiestructurado para dar flexibilidad y libertad a los expertos [10]. Dado que los entrevistados son expertos en diferentes áreas, pueden aportar información que no se consideró previamente o no encajó con las preguntas realizadas.

Para el análisis de los datos, se llevó a cabo la metodología de *thematic* o *content analysis*, de acuerdo a Yin [37], y se redujo a algunos temas o categorías [38]. Se compararon las respuestas obtenidas de cada uno de los entrevistados con la información recopilada anteriormente. Así, se pudo valorar los puntos de vista con base en la experiencia de los profesionales y su conocimiento con respecto al material. De esta forma, se codificó la información obtenida para organizar las respuestas en distintos grupos que indican las barreras con mayor relevancia. Estas presentan la base de la investigación y son la clave para conocer la situación actual de la madera laminada estructural en el Ecuador. Se escogió solamente a profesionales y no al público general ya que, "estudios han demostrado que conceptos erróneos sobre la estabilidad, la longevidad, la rigidez, y la combustibilidad de la madera, han desprestigiado a la industria frente al público general" [39].

RESULTADOS

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985



A continuación se presenta una tabla con los principales resultados obtenidos de las entrevistas sobre las barreras para el uso de la madera laminada estructural.

Tabla 1. Limitaciones reportadas de parte de los profesionales

a. Limitaciones en la cadena de producción	Masa boscosa limitada en la actualidad.
	Falta de industrialización de la madera.
	Falta de productos y mano de obra especializada.
	Falta de conocimientos para el mantenimiento.
b. Limitaciones culturales de la industria de la construcción	Perdida de cultura de la construcción en madera.
	Aceptación del material por parte de los profesionales.
	Desconocimiento y desinterés de la población sobre las prestancias del material.
c. Mercado limitado	Demanda necesaria para sustentar la industrialización del producto.
d. Limitaciones por parte de las entidades de control	Ineficiencia de entidades que controlan la producción de materia prima.
	Falta de normas que regulan el proceso constructivo.

Limitaciones en la cadena de producción

En cuanto al proceso de producción, "no tenemos la gran masa boscosa que por ejemplo tiene Chile o Argentina para poder industrializar grandes cantidades de madera, tampoco contamos con fábricas industriales que te permitan generar esta línea de producción que es necesaria para poder abaratar costos" (entrevistado 2). El entrevistado 7 comenta que "se hizo un programa de incentivos forestales con los cuales se plantaron 27,000 hectáreas, pero al menos deberíamos llegar en un corto plazo a 150,000 hectáreas". También dice que:

> Aquí solo hay ventajas. Nuestros ciclos forestales como el del eucalipto, en el que puedes producir en la costa con ciclos de 6 a 7 años, eso no puede ningún país del mundo. El pino en Finlandia o en cualquiera de los países nórdicos toma 30 o 35 años, aquí puede tomar 15 años.

Sin embargo, "si bien aquí el crecimiento de los árboles es más rápido, se tiene una reducción en la resistencia de la madera" (entrevistado 8).

Sobre el proceso de manufactura se comenta que "ninguno de los materiales con los que se hacen las pegas son productos nacionales; se tienen que importar y son muy costosos. Entiendo que la mayor parte son derivados del petróleo" (entrevistado 5). Según el entrevistado 4, "el proceso de tratarla es muy delicado, el secado debe ser con técnica, asimismo eliminar los hongos y utilizar químicos para su preservación" . El entrevistado 7 menciona que no cree "que hay un problema en la manufactura. Es un proceso relativamente sencillo. Lo que haces finalmente, es sacar láminas/tablas a partir del desenrollo del tronco que luego vas uniendo y usas estos tableros para hacer una viga maciza".

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985





En cuanto a la implementación, se estableció que "hay que industrializar para poder mejorar tiempo, calidad y obviamente costos". También considera que, "en cuanto a la construcción, la madera tiene todas las ventajas; no necesitas una infraestructura muy grande" (entrevistado 3). Según el entrevistado 9, se necesita "tecnología extranjera en las fábricas para el proceso de curado y procesamiento de la madera".

Una de las cosas más importantes es la mano de obra: "aquí realmente hay una resistencia al uso de materiales nuevos, si bien es cierto, puede ser también porque no existe la capacitación necesaria para la instalación o el mantenimiento de este tipo de sistemas" (entrevistado 6). El entrevistado 4 añade que: "para la calificación de mano de obra toca invertir tiempo para especializarla ya que a los trabajadores no les gusta capacitarse" .

Para el mantenimiento hay que considerar que, "el material que se utilice, va a depender del sector, el ambiente y la cultura en donde se trabaje" (entrevistado 10). Por ejemplo "la madera se blanquea una brutalidad aquí en el Ecuador, los rayos UV son el principal problema en la zona ecuatorial" (entrevistado 6). Así, el entrevistado 3 comenta que "el material debe ser fácil de mantener; las polillas, otras plagas y todo lo que afecte a estos elementos son hábitos para considerar el mantenimiento".

Con respecto a la resistencia que tiene el material, el entrevistado 1 opina que "la ventaja de la madera laminada es que puedes lograr piezas con mucha mayor resistencia, puedes mejorar el diseño. Por eso, me parece que si no se extiende su uso es por la falta de conocimiento". Para que este material sea usado, el entrevistado 9 afirma que "es importante que el producto cumpla con estándares de seguridad para que el constructor se sienta cómodo". También hay que tomar en cuenta que "estamos en una zona sísmica fuerte como tal, por eso, realmente se debe promulgar la resistencia que tiene la madera en este tipo de sistemas constructivos" (entrevistado 6).

En cuanto a la resistencia al fuego y el clima, el entrevistado 3 comenta que:

> No es que la estructura no se va a dañar en un incendio, sea de hormigón o sea de acero. La estructura de acero colapsa porque en un incendio se derrite. Lo importante es cuánto tiempo yo doy a la gente para que pueda evacuar. Hay que ver si esta opción se la puede implementar tanto en la costa como en la sierra, es multiclimática o no. Realmente lo que pasa es que generamos una solución de vivienda y queremos implementarla en todo lado.

Limitaciones culturales de la industria de la construcción

Por un lado, el entrevistado 7 menciona que "el primer problema es cultural. Esa es la esencia, no estamos acostumbrados a usar la madera para la construcción" . Por otro lado, el entrevistado 3 comenta que "acá fue una pena que se tenía la cultura de madera y se fue perdiendo". En su experiencia, el entrevistado 7 afirma que "el tablero aglomerado de partículas no era ni el 5% de los componentes de una vivienda. Hoy resulta que hay más maestros que saben trabajar tableros que madera sólida. Eso se da porque culturalmente hemos ido conociendo el tablero aglomerado".

Entonces, para acelerar el proceso de aceptación, el entrevistado 3 recomienda:

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985





> Hacer un show donde puedas ver columnas, vigas, paredes, todo, y demostrar a la gente que efectivamente funciona. Después, hablar con los arquitectos, que tienen está visión de sostenibilidad y que tal vez les gusta mucho los materiales nobles, y pueden ofrecer a sus clientes. El tema formal debe ser llevado por los gremios, los profesionales, los diseñadores, tal vez hacer un marketing de concientización para que la gente comience a escuchar y decir: es interesante que puedo hacer esto y lo otro. Dentro del tema informal, que ahí es donde nuestros trabajadores están, ellos hacen sus construcciones con lo que ellos conocen. Por eso es que tú vas a ver que el 99% es de hormigón y bloque, pero, capaz si ellos trabajaban en empresas con madera, ya no se vuelven herreros o albañiles, sino que se vuelven otra vez carpinteros.

El manejo de las plantaciones también tiene un componente cultural importante.

> Resulta que el tema forestal no ha tenido el impulso del caso. No solo no ha tenido el impulso, sino, ha tenido una serie de barreras. La sociedad no concibe que, si tú plantas una hectárea de maíz, ¿qué controles y permisos de restricciones tienes? Ninguno. En los bosques debería ser igual. (entrevistado 7)

Hay que mencionar que "es importante que la gente entienda que la manera de tener bosques es que alguien consuma esos bosques, pero claro, la mala nota de los bosques que si no los cuidas son basura" (entrevistado 1).

En cuanto al cliente, "si tú no tienes ciertos temas básicos de las personas resueltos, las prioridades de esas personas serán otras" (entrevistado 3). De todas formas, asevera: "es importante que, en toda la cadena, todo el mundo esté consciente del tema ambiental y que no solamente sea el consumidor el que te pida un producto amigable con el medio ambiente". Uno de los puntos más importantes que destaca el entrevistado 9 es la capacidad de los profesionales de vender el producto. "Los profesionales pueden entender las prestancias de un buen producto, pero convencer al cliente, es otra cosa diferente. Por lo general, las personas no van a arriesgarse y gastar su dinero en un producto que no conocen". Por eso, indica que es importante "dar confiabilidad a los constructores. Si es un buen producto, se da buen asesoramiento y se dan garantías, creo que no habría problema".

También hay que recalcar que "en nuestra profesión, siempre será muy importante tener alternativas, no siempre se va a trabajar con hormigón o acero que es lo usual" (entrevistado 4). Sin embargo, también comenta: "conozco lo que piensan nuestros colegas, tanto ingenieros como arquitectos, y quienes están ya un poquito avanzados es muy difícil cambiar la concepción para introducir nuevas enseñanzas". Según el entrevistado 9, "sí hay muchos profesionales en esta industria a los que les gusta innovar".

Finalmente, hubo algunas menciones de la influencia del componente estético y visual sobre la cultura. "Yo uso y he usado los distintos derivados que tienen que ver con la madera, como por ejemplo, el placer, el placer de estar en un ambiente que cumpla condiciones estéticas, no solamente funcionales, sino también estéticas y agradables" (entrevistado 5). Para el entrevistado 1, "la forma es vender las ventajas que tiene la madera como una casa sana; es mucho más bonita o sea mucho más agradable a la vista". Sin embargo, para el entrevistado 3:

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985





> Será muy específico el cliente que quiera su casa, su industria o su edificación con este tipo de material. Será, tal vez, por un concepto estético más que por un concepto económico. Entonces, si consideran todas estas cosas, ya es un material que puede competir fácilmente con el acero y con el hormigón.

Además, el entrevistado 9 considera que "la madera es muy noble y tiene muchas prestancias. Entre ellas, si puedes tener un buen terminado en la madera, no necesitas otros gastos que si los requieren en el hormigón y el acero".

Limitaciones por el mercado

El tamaño del mercado es otro tema en el que se puso mucho más énfasis. "Uno de los grandes problemas que se tiene para la introducción de este material por el momento, es que no existe la demanda de este" (entrevistado 2). Además, el entrevistado 3 menciona que "tienes dos industrias muy grandes que consumen muchísima madera, y lo que ellos hacen es *playwood*, los MDF". El entrevistado 5 reitera:

> Mira, yo creo que en primer lugar se tiene que calcular la demanda posible. La demanda posible no es en averiguar si es que le gusta o si es que no le gusta a la gente; le va a gustar si es que se logra tener un producto que cubra sus intereses, los arquitectos van a estar encantados de diseñar casas con ese material si es que se mantiene a la mano y está disponible.

Además, el entrevistado 7 confirma que "el grado de tecnificación, depende de qué volúmenes tú esperas vender con ese producto. Ahí es donde yo encuentro que es el problema, el limitante es el mercado".

En cuanto a la capacidad económica de la población, "para que un material pueda utilizarse acá en el Ecuador, ese material no debe ser caro. Eso va a generar un tema prohibitivo" (entrevistado 3). Sin embargo, el entrevistado 5 dice: "yo no creo que el objetivo sea ver cómo se minimiza el costo para que reemplace al cemento. Yo creo que cada vez los diseñadores pueden desarrollar formas más interesantes con nuevos materiales y la industria debe apoyar eso". El entrevistado 3 opina que:

> La construcción tiene qué industrializarse. La mano de obra cada vez es más cara y estos 25 dólares que subió el gobierno este año, van directo a la vena a todos los proyectos. El próximo año serán otros 25 y así sucesivamente. Además, todo material que se tenga que importar es complejo, todos los materiales de acero como las varillas de ciertos elementos necesitan importar chatarra. El cemento también necesita mano de obra porque tienes canteras que explotar. Entonces, mientras menos procesos, menos mano de obra y más industria. En teoría, deberíamos tener un producto más económico y hacia allá debería ir cualquier sistema constructivo.

Por último, el entrevistado 9 opina que "la madera que se usa aquí en construcciones es madera cara, difícil de tratar y muchas veces está en veda por su difícil reposición. En cambio, el pino no se usa mucho en estructuras, eso sería bueno porque abaratarían costos".

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985

Artículo/Article
Sección C/Section C
Vol. 15, nro. 2
e2985





Limitaciones por parte de las entidades de control

Los entrevistados concuerdan que, para que se desarrolle el mercado es necesario tener leyes que respalden todo el proceso. Según el entrevistado 4, se necesita "una entidad de control, que se preocupe de hacer las cosas bien en la tala". Por ejemplo, "los bosques metropolitanos de Quito están lindos, pero son muy proclives a un incendio, están mal manejados, inclusive el potencial maderero que tienen está desperdiciado" (entrevistado 1). Esto se respalda con los siguientes comentarios: "hay muchas maneras de poder llevar unas plantaciones forestales de manera eficiente, pero aquí está el gran 'pero' del Ecuador: que no cuenta con una política pública fuerte como para poder hacer frente a estas plantaciones" (entrevistado 2). "No tenemos un inventario del bosque en el Ecuador, no sabemos cuánta madera hay. El Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Ambiente, que son los que están vinculados con este tema, no tienen planes de manejo sobre esto" (entrevistado 5).

> Cuando tú haces una plantación forestal tienes que informar al Ministerio del Ambiente. Cuando quieres cortar, tienes que informar y pedir un permiso de corte. Cuando quieres transportar, necesitas un permiso para transportar la madera. Entonces la sociedad todavía no concibe que las plantaciones son un cultivo. Por una parte, no hay incentivos y, por otro lado, hay una cantidad de frenos, pero el Ecuador tiene absolutamente todo. (entrevistado 7)

Igualmente, el entrevistado 3 mencionó que se tienen que actualizar las normas ecuatorianas.

> Si tú quieres impactar en la formalidad, tienes que irte a las autoridades para que hagan los códigos y tú puedas diseñar bajo el código la estructura de madera sólida, laminada, de hormigón prefabricado etc. Para hacerlo, debes tener las normativas. Si no tienes la normativa, no vas a poder construir porque no te va a dar los permisos.

Con respecto al contexto ambiental, el entrevistado 2 confirma:

> Algo sumamente importante es que el Ecuador es parte del convenio de París y, justamente en ese convenio, se habla de que hay una agenda 2030 en la que debemos, como naciones, reducir los gases de efecto invernadero. Entonces, justamente, reducimos usando este tipo de materiales que al momento absorben mayor cantidad de CO_2.

Se sustenta esta situación con el siguiente comentario del entrevistado 3:

> ¿Qué hace un árbol? Un árbol secuestra carbono. El momento que tú talas un árbol, todavía no estás liberando carbono. El momento en el que tú haces una viga o una columna, no estás liberando el carbono. El momento que tú liberas carbono es cuando lo botas para que se pudra o se queme. En el caso del cemento, por ejemplo, en los Clinker (cemento Portland), su proceso requiere muchísima energía, entonces tú liberas carbono. En el caso del acero, desde

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985



> que en la mina se captó el hierro y luego se realizó el acero, se usa muchísima energía, liberas carbono.

El entrevistado 7 comenta:

> ¿Problemas ambientales? No, todo lo contrario, porque cualquiera de las plantaciones forestales por concepto es favorables al ambiente. La industria maderera es de las pocas industrias pueden mostrar una huella de carbono neutro. Toda la contaminación o la absorción del CO_2 que tiene la madera frente al concreto o a cualquier producto de metal o acero tienen una diferencia abismal. Así que, ambientalmente, solo es positivo.

El entrevistado 9 opina que:

> Si una plantación es ambientalmente controlada y su producción es sustituible de manera cíclica, entonces creo que no habría problema. La situación se da en ciertos sectores de la sierra ecuatoriana, si se plantan demasiados árboles, esto puede acabar con muchos terrenos. Los árboles, si bien llaman mucho a la humedad, también absorben una gran cantidad de agua y no dejan suficiente para la agricultura de otros productos. Por eso deben analizarse los terrenos para no afectar otro tipo de plantaciones.

DISCUSIÓN

A primera vista, los entrevistados mencionan un dato importante sobre la producción de materia prima o la masa boscosa en el país y es que, actualmente, no se cuenta con la cantidad necesaria de árboles (de tipo coníferas) para la masificación del producto. Una de las razones por las que Ecuador no ha explotado su potencial forestal es la falta de disposición e interés por parte de las entidades de control. Esto ha llevado a una falta de conocimiento de las características forestales, además de tener procesos ineficientes que entorpecen la cadena de producción forestal, caso que no sucede en otros sectores agrícolas. Sin embargo, el Ecuador cuenta con características muy competitivas en cuanto a los ciclos de plantaciones forestales que representan una ventaja respecto al tiempo de producción.

La tala indiscriminada de árboles nativos ha llevado a la concepción errónea de que toda tala de árboles es perjudicial para el ambiente. Sin embargo, estas plantaciones son diferentes, deben ser controladas y deben cumplir ciclos de reforestación. Se tiene que tomar en cuenta que el aumento de este tipo de plantaciones puede tener un impacto por el alto consumo de agua que requieren y afectar otro tipo de plantaciones. Aun así, se tiene un consenso por parte de los entrevistados de que el impacto ambiental es positivo si se lo compara con el impacto que producen otros materiales de construcción como el hormigón y el acero.

En cuanto a la manufactura, se debe tener un proceso para cuantificar las capacidades físicas que tiene la madera y poder destinarla a diferentes usos. Asimismo, es necesario tener una mano de obra calificada para el manejo de la maquinaria necesaria para

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985




masificar el proceso de manufactura. Estas máquinas se tienen que importar y esto dificulta la capacitación y encarece la inversión inicial. Tanto los entrevistados como la literatura concuerdan en que, en realidad, este no es un proceso complejo, ya que sí requiere maquinaria industrial, pero esta es bastante común. Un inconveniente importante es que los adhesivos para el ensamblaje de las piezas que cumplen con los requerimientos no se producen en el país, por lo tanto, deben ser importados y esto también aumenta el costo del producto final.

Según la literatura, el proceso constructivo es sencillo ya que prácticamente todas las piezas son prefabricadas y su instalación requiere habilidades de carpintería básicas. Sin embargo, los entrevistados tienen opiniones diversas. Algunos afirman que la actualización para este método es tedioso y no se invertirá tiempo ni dinero en la capacitación de los empleados. Otros creen que no habrá problemas por su facilidad de transporte y ensamblaje frente a otros métodos. Una preocupación que surgió es la reacción que tendrá la madera en diferentes climas y, por lo tanto, puede requerir diferentes tratamientos.

Con respecto al tema económico, es fundamental que el precio de salida sea competitivo, ya que esto va a ser uno de los aspectos más llamativos para su introducción en el mercado ecuatoriano. Esto es importante porque en los próximos años habrá un incremento en el costo de mano de obra, lo que favorece los sistemas constructivos con elementos prefabricados y de rápido ensamblaje. Por eso, es crucial aumentar la eficiencia del proceso constructivo con el fin de disminuir costos y, que sea llamativo, tanto para el uso formal como informal en Ecuador.

Debido a que no existe ni oferta ni demanda grande en el país, algunos entrevistados sugirieron que este producto debe ser implementado primero en viviendas sencillas de ayuda social para, que tanto el público como los profesionales, se familiaricen con el mismo y la inversión inicial sea menos riesgosa. Además, se tiene que exponer este material en ferias de la construcción para que los profesionales conozcan sus características físicas, mecánicas, estéticas, etc. y puedan promocionarlo a sus clientes. Hay que recalcar que las características estéticas del material son una de sus mayores ventajas porque es agradable para los clientes y también beneficia al constructor por el ahorro en acabados. Esto puede compensar la brecha económica que hay frente a otros sistemas constructivos.

La mano de obra y el mantenimiento son fundamentales para que su uso a largo plazo sea atractivo. En cuanto al mantenimiento, las mayores amenazas descritas por la literatura son: la humedad, las plagas y el fuego. Para los entrevistados, la humedad y las plagas fueron un tema de preocupación; en cambio, el fuego, fue un aspecto que consideraron incluso menos riesgoso que en otros métodos constructivos. La opinión de la población general puede diferir de la de los profesionales, ya que, por lo general, el público no conoce las capacidades de estos. Un tema que resaltó por parte de los entrevistados, que no se dio mayor importancia en la literatura, fue la decoloración por rayos UV. Estos rayos tienen mayor repercusión en la zona ecuatorial y la mayoría de los países que usan este material se encuentran en las zonas templadas (norte y sur) del planeta. Por estas características de la madera, es importante tener en cuenta que el mantenimiento de la estructura depende de las condiciones a las que está expuesta.

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985





CONCLUSIÓN

Las principales limitantes para la implementación de la madera laminada en Ecuador son: la actualización de la norma ecuatoriana de la construcción, obstaculización y falta de incentivos de parte de entidades de control, necesidad de implementación de maquinaria con capacitación extranjera y la industrialización del material para que el sistema constructivo sea económicamente competitivo. Se observó que existe interés real de parte de los profesionales en el uso de nuevos materiales amigables con el ambiente para disminuir el impacto que tiene esta industria. Por consecuente, se puede sugerir que este material es una posible solución para la disminución de las altas emisiones de CO_2 de la industria, pero, en orden de masificar el producto, se debe entender que los beneficios medioambientales son irrelevantes frente a la competitividad económica de otros métodos constructivos. Este estudio preliminar intenta detectar las condiciones técnicas, culturales, profesionales, políticas y regulatorias que pueden presentar impedimentos al momento de introducir un nuevo sistema constructivo en el Ecuador. Esto dará paso a nuevas investigaciones que ayudarán a conocer la factibilidad de la implementación de la madera maciza en la industria de la construcción, así como realizar estudios sobre las consecuencias ambientales y económicas que tendría este material al implementarse en masa en el Ecuador.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Patricio Zaldumbide y Emir Fuentes contribuyeron de igual manera en el artículo como primeros autores en la conceptualización, redacción, metodología, investigación, discusión y resultados; Miguel Andrés Guerra, investigador principal (PI), contribuyó con la metodología, revisión y edición del artículo.

CONFLICTO DE INTERÉS

No hay ningún conflicto.

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985



REFERENCIAS

[1] Vera, J. (2019). La contaminación atmosférica por las actividades de la industria de la construcción en Colombia. *Virtual Pro*, *213*, 28. https://www.virtualpro.co/biblioteca/la-contaminacion-atmosferica-por-las-actividades-de-la-industria-de-la-construccion-en-colombia

[2] TEDx Talks. (2019, mayo 20). *Timber Towers of Tomorrow | Michael Ramage | TEDxCambridgeUniversity* [video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=p8PGGmTMjWQ

[3] Xu, H. et al. (2022). Large-scale compartment fires to develop a self-extinction design framework for mass timber—Part 1: Literature review and methodology. *Fire Safety Journal*, *128*, 103523. doi: https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2022.103523

[4] Guerra, M. y Abebe, Y. (2019). Pairwise Elicitation for a Decision Support Framework to Develop a Flood Risk Response Plan. *ASCE-ASME J Risk and Uncert in Engrg Sys Part B Mech Engrg*, *5*(1), 011004. doi: https://doi.org/10.1115/1.4040661

[5] Dieste, A. et al. (2018). *Forest-Based Bioeconomy Areas*. Universidad de la República Uruguay.

[6] Naciones Unidas. (2018, diciembre). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para America Latina y el Caribe.* Biblioteca Digital AECID. https://bibliotecadigital.aecid.es/bibliodig/es/consulta/registro.do?control=ES-MAAEC20190011211

[7] Guerra, M. A. y Shealy, T. (2018). Teaching User-Centered Design for More Sustainable Infrastructure through Role-Play and Experiential Learning. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, *144*(4). doi: https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000385

[8] The Ultimate Renewable. (2010, enero 18). *Andrew Waugh on Stadthaus.mp4* [video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=EsX1YO91Do8

[9] Foster, R. M. y Ramage, M. H. (2017). Briefing: Super tall timber – Oakwood Tower. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction Materials*, *170*(3), 118-122. doi: https://doi.org/10.1680/jcoma.16.00034

[10] Wiegand, E. y Ramage, M. (2021). The impact of policy instruments on the first generation of Tall Wood Buildings. *Building Research & Information, 50*(3), 1-21. doi: https://doi.org/10.1080/09613218.2021.1905501

[11] Burry, J. y Sabin, J. (2020). Introduction: Fabricate 2020: Making Resilient Architecture. En B. Sheil, y M. Skavara (Eds.), *Fabricate* (pp.8-18). UCL Press. doi: https://doi.org/10.2307/j.ctv13xpsvw.1

[12] Ramage, M., Foster, R., Smith, S., Flanagan, K. y Bakker, R. (2017). Super Tall Timber: design research for the next generation of natural structure. *The Journal of Architecture*, *22*(1), 104–122. doi: https://doi.org/10.1080/13602365.2016.1276094

[13] Ugalde, D., Almazán, J. L., Santa María, H. y Guindos, P. (2019). Seismic protection technologies for timber structures: a review. *Eur. J. Wood Prod.*, *77*(2), 173–194. doi: https://doi.org/10.1007/s00107-019-01389-9

[14] Rubalcava, A. (2023, mayo 11). *Engineers Shake Tallest Full-scale Building Ever Constructed on UC San Diego Earthquake Simulator*. UC San Diego. https://today.ucsd.edu/story/engineers-shake-tallest-full-scale-building-ever-constructed-on-uc-san-diego-earthquake-simulator

[15] Blanchet, P. y Breton, C. (2020). Wood Productions and Renewable Materials: The Future Is Now. *Forests*, *11*(6), 657. doi: https://doi.org/10.3390/f11060657

[16] APA. (2019). *Engineered Wood Construction Guide*. The Engineered Wood Association.

[17] Fraile, E., Ferreiro, J., Martínez de Pison, F. J. y Pernia-Espinoza, A. V. (2019). Effects of Design and Construction on the Carbon Footprint of Reinforced Concrete Columns in Residential Buildings. *Materiales de construcción*, *69*(335), 193. doi: https://doi.org/10.3989/mc.2019.09918

[18] Ravenscroft, T. (2017, abril 26). *What is Cross Laminated Timber (CLT)?* The B1M. https://www.theb1m.com/video/what-is-cross-laminated-timber-clt

[19] C. Müller. (2000). Otto Hetzer Begründer des Holzleimbaus. Studiengemeinschaft Holzleimbau

[20] Valldeby, D. (2020). A global solution for a locally active industry. *Wood Magazine,* (2), 17. https://www.swedishwood.com/publications/wood-magazine/2020-2/gerhard-schickhofer/

[21] Hermoso, E., Luengo, E. y Cabrero, J. C. (2017, mayo 17-19). *Metodologías para la evaluación de calidad de encolado de la madera contralaminada (CLT)*. II Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera + II Congreso Ibero-Latinoamericano de la Madera en la Construcción. Buenos Aires, Argentina. https://clem-cimad2017.unnoba.edu.ar/papers/T4-07.pdf

[22] Chen, C., Pierobon, F. y Ganguly, I. (2019). Life Cycle Assessment (LCA) of Cross-Laminated Timber (CLT) Produced in Western Washington: The Role of Logistics and Wood Species Mix. *Sustainability*, *11*(5), 1278. doi: https://doi.org/10.3390/su11051278

[23] Coombs, S. (2018). The development of the building envelope using Welsh-grown timber: a study through prototyping. *The Journal of Architecture*, *23*(1), 78–114. doi: https://doi.org/10.1080/13602365.2018.1424394

[24] Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2016). *Programa de Incentivos para Reforestación con Fines Comerciales*. Fliphtml5. https://fliphtml5.com/wtae/lgui/basic

[25] Wang, J. Y. et al. (2018). Durability of mass timber structures: a review of the biological risks. *WFS*, *50*, 110–127. doi: https://doi.org/10.22382/wfs-2018-045

[26] Llana, D. F., Arriaga, F., Esteban, M. y Íñiguez-González, G. (2019). Comparison between wet and dry timber visual strength grading according to the Spanish (UNE 56544) and German (DIN 4074-1) standards. *Materiales de construcción*, *69*(336), 205. doi: https://doi.org/10.3989/mc.2019.03319

[27] Sutton, A., Black, D. y Walker, P. (2001). An introduction to low-impact building materials. *Introduction Paper, 15*(11), 6. https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?DocId=298934

[28] Herzog, T., Natterer, J., Schweitzer, R., Volz, M. y Winter, W. (2004). *Timber Construction Manual*. Birkhauser. doi: https://doi.org/10.11129/detail.9783034614634

[29] Zelinka, S.L., Pei, S., Bechle, N.J., Sullivan, K.F., Ottum, N., Rammer, D.R., & Hasburgh, L.E. (2018). *Performance of wood adhesives for cross laminated timber under elevated temperature.* CTE 2018-world conference on timber engineering. Seoul, Republic of Korea. https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf2018/fpl_2018_zelinka004.pdf

[30] Čolić, A. (2021). *Study of the char fall-off phenomenon in cross-laminated timber under fire conditions*. [Master's thesis, The University of Edinburgh]. Research Gate. doi: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10704.84480

[31] Conde-García, M., Tenorio-Ríos, J. A. y Fernández-Golfín, J. (2021). Experimental evaluation of the effect of different design conditions on the risk of decay in solid wood exposed to outdoor climate. *Materiales de construcción*, *71*(342), e247. doi: https://doi.org/10.3989/mc.2021.12220

[32] B1M. (2017, octubre 4). *Top 5: The World's Tallest Timber Buildings*. TheB1M. https://www.theb1m.com/video/top-5-the-world-s-tallest-timber-buildings

[33] APA. (2014). APA-4 Best Practices for Glulam Installation. *The Engineered Wood Association, 253*, 620-7400. https://www.anthonyforest.com/assets/pdf/apa/glulam/4_Best_Practices_for_Glulam_Installation.pdf

[34] APA. (2021). *Selección y Especificación de Madera Contralaminada (CLT)*. The Engineered Wood Association.

[35] Delgado, A., Pereira, C., De Brito, J. y Silvestre, J. D. (2018). Defect characterization, diagnosis and repair of wood flooring based on a field survey. *Materiales de construcción*, *68*(329), 149. doi: https://doi.org/10.3989/mc.2018.01817

[36] Hildebrandt, J., Hagemann, N. y Thrän, D. (2017). The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in Europe. *Sustainable Cities and Society*, *34*, 405–418. doi: https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.06.013

[37] Yin, R. K. (2016). *Qualitative research from start to finish*. The Guilford Press.

[38] Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches*. SAGE Publications.

[39] Petruch, M. y Walcher, D. (2021). Timber for future? Attitudes towards timber construction by young millennials in Austria - Marketing implications from a representative study. *Journal of Cleaner Production*, *294*, 126324. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126324